

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS86 U.S. PTO
09/978275
10/17/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年10月25日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-324904

出 願 人
Applicant(s):

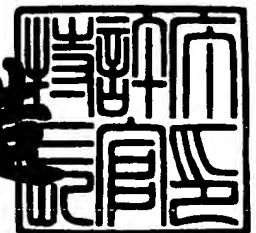
富士写真フイルム株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 3月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 P25514J

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G06T 5/00
H04N 5/325
A61B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 山田 雅彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

特 2 0 0 0 - 3 2 4 9 0 4

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ノイズ抑制処理装置並びに記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力された放射線画像を担持する入力画像信号に対して平滑化フィルタを用いた平滑化処理を施す平滑化処理手段を具備し、前記放射線画像に含まれるノイズ成分を抑制させるノイズ抑制処理装置において、

前記放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報に基づいて、前記入力画像信号のノイズ特性を算出するノイズ特性算出手段を備え、

前記平滑化処理手段が、この算出されたノイズ特性に基づいて、前記平滑化処理を施すために用いられる前記平滑化フィルタの特性を切り替えるものであることを特徴とするノイズ抑制処理装置。

【請求項 2】 前記入力画像信号に基づいて、それぞれが異なる周波数帯域を有する画像を担持する複数の帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段をさらに備え、

前記平滑化処理手段が、前記複数の帯域制限画像信号それぞれに対して平滑化フィルタを用いた平滑化処理を施すものであることを特徴とする請求項 1 記載のノイズ抑制処理装置。

【請求項 3】 前記帯域制限画像信号作成手段が、前記入力画像信号を多重解像度分解することにより前記複数の帯域制限画像信号を作成するものであることを特徴とする請求項 2 記載のノイズ抑制処理装置。

【請求項 4】 前記ノイズ特性算出手段が、前記ノイズ特性を、前記複数の帯域制限画像信号の少なくとも 1 つについての注目画素近傍の値から局所的に計算された情報にも基づいて得るものであることを特徴とする請求項 2 または 3 記載のノイズ抑制処理装置。

【請求項 5】 前記ノイズ特性算出手段が、前記少なくとも 1 つの帯域制限画像信号により表される帯域制限画像の前記注目画素における画素ベクトルを求め、この画素ベクトルを前記局所的に計算された情報として用いて前記ノイズ特性としてのエッジ方向を検出するものであり、

前記平滑化処理手段が、この検出されたエッジ方向に沿って前記平滑化処理を

施すように前記平滑化フィルタの特性を切り替えるものであることを特徴とする請求項 4 記載のノイズ抑制処理装置。

【請求項 6】 前記平滑化処理手段が、特定方向を平滑化するものであって且つ各特定方向ごとにそれぞれ平滑化の程度が異なる複数のフィルタを有し、前記算出されたノイズ特性に基づいて、この複数のフィルタの中からいずれかを選択することにより前記平滑化フィルタの特性を切り替えるものであることを特徴とする請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載のノイズ抑制処理装置。

【請求項 7】 入力された放射線画像を担持する入力画像信号に対して、前記放射線画像に含まれるノイズ成分を抑制させるノイズ抑制処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、前記プログラムが、

前記放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報に基づいて、前記入力画像信号のノイズ特性を算出する手順と、

この算出されたノイズ特性に基づいて、前記入力画像信号に対して平滑化処理を施すために用いられる平滑化フィルタの特性を切り替える手順と、

この切り替えられた平滑化フィルタを用いて前記入力画像信号に対して前記平滑化処理を施す手順を前記コンピュータに実行させるものであることを特徴とするコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 8】 入力された放射線画像を担持する入力画像信号に対して、前記放射線画像に含まれるノイズ成分を抑制させるノイズ抑制処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、前記プログラムが、

前記入力画像信号に基づいて、それぞれが異なる周波数帯域を有する画像を担持する複数の帯域制限画像信号を作成する手順と、

前記放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報に基づいて、前記入力画像信号のノイズ特性を算出する手順と、

この算出されたノイズ特性に基づいて、前記複数の帯域制限画像信号それぞれに対して平滑化処理を施すために用いられる平滑化フィルタの特性を切り替える手順と、

この切り替えられた平滑化フィルタを用いて前記複数の帯域制限画像信号それぞれに対して前記平滑化処理を施す手順を前記コンピュータに実行させるものであることを特徴とするコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、放射線画像を担持する入力画像信号に対して、放射線画像に含まれるノイズ成分を抑制させるノイズ抑制処理を施すノイズ抑制処理装置およびこのノイズ抑制処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録した記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

コンピュータッド・ラジオグラフィ装置（以下CR装置という）などを用いて取得した放射線画像を診断に資するに際しては、得られた放射線画像に対して周波数強調処理や階調処理など所望の画像処理を施して診断に適する画像とした後にCRTモニタにソフトコピーとして表示させたり、フィルムにハードコピーとして出力することが行なわれている。

【0003】

ここで、放射線画像は、放射線量が少なく濃度が低い部分において、放射線の量子ノイズが目立ってしまうという問題がある。このため、放射線画像を担持する画像信号中に含まれるノイズ成分を抑制させるノイズ抑制処理を施す方法が種々提案されている。

【0004】

例えば特開平6-96200号には、画像を一連のデテール像（解像度レベル1～M段までの帯域制限画像信号）に多重解像度分解し、各デテール像において注目画素近辺（ $N \times N$ 画素分）の領域に対する2乗和（移動平均）を計算し、この2乗和のデテール像に亘るヒストグラムのピークからノイズ分散を算出し、このノイズ分散と各画素に対応する2乗和の値とを比較し、2乗和の値がノイズ分散より小さいときはデテール信号を小さくすることによりデテール像のノイズを抑制し

、この後、逆多重解像度変換を行なって画像を復元することにより、ノイズ成分が抑制された画像を得る方法が提案されている。

【 0 0 0 5 】

また、上記特開平6-96200 号には、最高解像度レベルの画像（最も密なデテール像）のノイズ分散に基づいてそれよりも低解像度レベルの画像におけるノイズ分散を計算する手法も提案されている。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特開平6-274615号に記載された方法は、ノイズは画像全体において均一であるという考えに従い、該当解像度信号（デテール像）のみの2乗和（移動平均）とそのヒストグラムから算出したノイズ分散値を用いてノイズ抑制を行なっている。しかし実際の放射線画像は、ある画像の中でも例えば直接X線があたっている領域はノイズが少なく例えば被写体が写っている領域ではノイズが多くなるというように、画像全体に亘ってノイズが均一であるということはない。したがって、ヒストグラムから算出した閾値を用いてノイズ抑制を行なうならば、ノイズが少ない領域では、ノイズと一緒にエッジ情報までもが抑制されるためエッジ劣化が生じ鮮鋭度の低下した画像となってしまう、ノイズが多い領域ではノイズが十分に抑制できないという問題がある。

【 0 0 0 7 】

また、様々な構造を有する被写体の場合と、多くの横造を有しない被写体とではヒストグラムの形状が異なるものになるから、被写体に応じてノイズとエッジとの分離を最適に行なうことは難しい。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記事情に鑑みなされたものであり、線量に拘わらずノイズを効果的に抑制あるいは除去するとともに、ノイズが多い画像に対してノイズ除去処理を施した際に生じ得るエッジ劣化を少なくすることができるノイズ抑制処理装置および該ノイズ抑制処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することを目的とするものである。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明のノイズ抑制処理装置は、入力された放射線画像を担持する入力画像信号に対して平滑化フィルタを用いた平滑化処理を施す平滑化処理手段を具備し、放射線画像に含まれるノイズ成分を抑制させるノイズ抑制処理装置において、放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報（以下線量情報ともいう）に基づいて、入力画像信号のノイズ特性を算出するノイズ特性算出手段を備え、平滑化処理手段が、この算出されたノイズ特性に基づいて、平滑化処理を施すために用いられる平滑化フィルタの特性を切り替えるものであることを特徴とする。

【0010】

放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報は、フォトタイマーからの情報など放射線画像を得た際の放射線の線量を直接的に示すものに限らず、撮影メニュー、患者年齢、撮影条件（撮影装置における放射線照射条件）、規格化条件（特開平2-108175号などを参照）、または画像の信号値（濃度値）など、放射線の線量を間接的に示し得るもの（線量相当のもの）であってもよい。

【0011】

また、本発明のノイズ抑制処理装置においては、入力画像信号に基づいて、それぞれが異なる周波数帯域を有する画像を担持する複数の帯域制限画像信号を作成する帯域制限画像信号作成手段をさらに備えたものとするとともに、平滑化処理手段を、複数の帯域制限画像信号それぞれに対して平滑化フィルタを用いた平滑化処理を施すものとすることが望ましい。

【0012】

この帯域制限画像信号作成手段としては、入力画像信号を多重解像度分解することにより複数の帯域制限画像信号を作成するものとすることが望ましい。この場合、ノイズ抑制処理が施された帯域制限画像信号に対して逆多重解像度展開を施すことにより画像再構成を行なうこととなる。多重解像度分解としては、例えばラプラシアンピラミッド分解やウェーブレット変換などを用いるとよい。

【0013】

「放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報に基づいて」とは、少なくとも前記放射線の線量を示す情報に基づいてという意味であり、この放射線の線量

を示す情報に加えて、その他の情報を用いるものであってもよいのはいうまでもない。その他の情報としては、例えば注目画素近傍の局所情報（局所的に計算された情報）を用いることができる。すなわち、本発明のノイズ抑制処理装置においては、ノイズ特性算出手段を、複数の帯域制限画像信号の少なくとも1つについての注目画素近傍の値から局所的に計算された情報にも基づいてノイズ特性を得るものとするのが望ましい。

【0014】

「局所的に計算された情報」としては、エッジらしさを判定し得る情報であればよく、例えばベクトル情報や濃度値の局所平均（移動平均値でもよい）、あるいは局所2乗和などを用いることができる。

【0015】

この場合、ノイズ特性算出手段を、少なくとも1つの帯域制限画像信号により表される帯域制限画像の注目画素における画素ベクトルを求め、この画素ベクトルを前記局所的に計算された情報として用いてノイズ特性としてのエッジ方向を検出するものとし、平滑化処理手段を、この検出されたエッジ方向に沿って平滑化処理を施すように平滑化フィルタの特性を切り替えるものとするのが望ましい。

【0016】

本発明の記録媒体は、入力された放射線画像を担持する入力画像信号に対して、放射線画像に含まれるノイズ成分を抑制させるノイズ抑制処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、前記プログラムが、放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報に基づいて、入力画像信号のノイズ特性を算出する手順と、この算出されたノイズ特性に基づいて、入力画像信号に対して平滑化処理を施すために用いられる平滑化フィルタの特性を切り替える手順と、この切り替えられた平滑化フィルタを用いて入力画像信号に対して平滑化処理を施す手順をコンピュータに実行させるものであることを特徴とする。

【0017】

本発明の記録媒体は、入力された放射線画像を担持する入力画像信号に対して

、放射線画像に含まれるノイズ成分を抑制させるノイズ抑制処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、前記プログラムが、入力画像信号に基づいて、それぞれが異なる周波数帯域を有する画像を担持する複数の帯域制限画像信号を作成する手順と、放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報に基づいて入力画像信号のノイズ特性を算出する手順と、この算出されたノイズ特性に基づいて複数の帯域制限画像信号それぞれに対して平滑化処理を施すために用いられる平滑化フィルタの特性を切り替える手順と、この切り替えられた平滑化フィルタを用いて複数の帯域制限画像信号それぞれに対して平滑化処理を施す手順をコンピュータに実行させるものとすることもできる。

【0018】

【発明の効果】

本発明のノイズ抑制処理装置および記録媒体によれば、放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報（線量情報）に基づいて入力画像信号のノイズ特性を算出し、この算出されたノイズ特性に基づいて平滑化フィルタの特性を切り替える構成としたので、線量に拘わらずノイズが効果的に抑制・除去された画像を得ることができる。

【0019】

また、帯域制限画像信号を作成して各帯域制限画像信号に対して平滑化フィルタを用いた平滑化処理を施すものとした場合には、ノイズ抑制処理が施された各帯域制限画像信号に基づいて1つの画像信号を再構成すればよく、この場合にも、線量に拘わらずノイズが効果的に抑制・除去された画像を得ることができる。

【0020】

また、複数の帯域制限画像信号の少なくとも1つについての注目画素近傍の値から局所的に計算された情報に基づいてノイズ特性を得るものとするれば、エッジの程度と、線量情報とを加味したノイズ特性が得られ、領域ごとのノイズ変化に対応してエッジとノイズの分離が容易となるため、エッジ劣化が少なく、且つノイズが効果的に抑制された画像が得られる。

【0021】

この場合、特に帯域制限画像の注目画素における画素ベクトルを求め、この画素ベクトルを局所的に計算された情報として用いてノイズ特性としてのエッジ方向を検出し、この検出されたエッジ方向に沿って平滑化処理を施すように平滑化フィルタの特性を切り替える構成とすれば、ノイズが多い画像に対してノイズ抑制を行なった際に生じ得るエッジの劣化を低減し、撮影線量による画質のぼらつきを抑制することができる。つまり、エッジ方向に沿って平滑化処理を施すことができるから、エッジ上にのったノイズを適正に抑制することができ、またエッジコントラストを低減することなくエッジ上のノイズを一層効果的に抑制することができるなど、エッジを保存しつつノイズを効果的に抑制することができる。

【 0 0 2 2 】

加えて、各特定方向ごとにそれぞれ平滑化の程度が異なる複数のフィルタを予め用意しておき、算出されたノイズ特性に基づいてこの複数のフィルタの中からいずれかを選択することにより平滑化フィルタの特性を切り替える構成とすれば、上記ノイズ抑制処理を高速に行なうことができ、処理全体のスループットを向上させることができる。

【 0 0 2 3 】

さらに、入力画像信号を多重解像度分解して各帯域制限画像信号を作成する構成とすれば、帯域制限画像信号の作成処理や画像再構成の処理を高速に行なうことができるから、処理全体のスループットを一層向上させることができる。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【 0 0 2 5 】

図 1 は本発明のノイズ抑制処理装置の一実施形態の構成を示す概略ブロック図である。

【 0 0 2 6 】

ノイズ抑制処理装置 1 0 0 は、図 1 に示すように、読取装置などにおいて得られた所定の解像度を有する放射線画像を担持する入力画像信号 S_{in} に基づいて、それぞれが異なる周波数帯域を有する画像を担持する複数の帯域制限画像信号を

作成する帯域制限画像信号作成部 1 と、放射線画像を得た際の放射線の線量を示す情報に基づいて、放射線量に応じたノイズ成分を抑制させる程度を示す指標値を得る指標値取得部 2 と、この得られた指標値に基づいて複数の帯域制限画像信号のそれぞれについてノイズ抑制処理を施すノイズ抑制処理部 3 と、それぞれノイズ抑制処理が施された複数の帯域制限画像信号に基づいてノイズが抑制された放射線画像を担持する処理済画像信号 S_{proc} を再構成する画像再構成部 4 とを有する。

【0027】

指標値取得部 2 は、本発明のノイズ特性算出手段として機能するように構成されている。すなわち、この指標値取得部 2 は、帯域制限画像の注目画素における画素ベクトルを求め、この画素ベクトルを用いてノイズ特性としてのエッジ方向を検出するように構成されている。

【0028】

また、ノイズ抑制処理部 3 は、本発明の平滑化処理手段として機能するように構成されている。すなわち、このノイズ抑制処理部 3 は、指標値取得部 2 において算出（検出）されたノイズ特性としてエッジ方向に沿って平滑化処理を施すように平滑化フィルタの特性を切り替え、この特性が切り替えられた平滑化フィルタを用いて帯域制限画像信号 B_k のそれぞれについて平滑化処理を施すように構成されている。

【0029】

なお、本実施形態は、例えば特開昭55-12492号や同56-11395号などに記載のように、蓄積性蛍光体シートを利用した放射線画像情報記録再生システムにおいて、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像信号として読み取ったものをノイズ抑制処理の対象としている。放射線画像の読み取りは、蓄積性蛍光体シートに対して主走査方向（横方向）にレーザビームを走査させながらシートを副走査方向（縦方向）に移動させてシートを2次元走査することにより行なわれる。

【0030】

次に上記構成のノイズ抑制処理装置 100 の作用について説明する。

【 0 0 3 1 】

最初に図 2 に示すフローチャートを参照して、処理の概要について説明する。

【 0 0 3 2 】

帯域制限画像信号の作成処理としては、例えば特開平5-244508号、同6-096200号、あるいは特願平 11-363766号および特願 2000-022828号などにおいて本願出願人が提案しているラプラシアンピラミッド分解や、特開平6-274615号や特願平 11-363766号などにおいて本願出願人が提案しているウェーブレット変換などの多重解像度変換の手法を用いるとよい。また、特開平10-75364号などに示されているようにボケマスク信号を用いて取得する方法など、公知のその他の方法を用いてもよい。以下の実施形態では、ラプラシアンピラミッドの手法を用いるものとして説明する。

【 0 0 3 3 】

入力された原画像から、多重解像度変換の一態様であるラプラシアンピラミッド分解を用いて帯域制限画像信号を得る（ステップ S 2 1）。そして、本発明の評価値としての、帯域制限画像信号が担持する多重解像度空間に分解された各帯域制限画像の各画素位置におけるベクトル成分を算出する（ステップ S 2 2）。なお、ベクトル成分は、後述するDouble-Angle表現にて算出すると、ある画素位置において、4 5度ごとの4方向のベクトルを算出することになる。これら4方向ベクトルから、該当画素位置における情報がノイズ成分なのかエッジ成分なのかを識別することができる。

【 0 0 3 4 】

しかしながら、周辺のベクトルに比べて極端に大きなベクトルを持つなどの特異点（局所的なノイズ）が存在すると、その画素位置での局所的なノイズをエッジ信号と間違えるため、1次元フィルタを用いて各ベクトル成分の近傍平均をとることとする（ステップ S 2 3）。ベクトル平均は、エッジ信号は連続しているという仮定から成り立っている。本実施形態では、後述するように、等方性の2次元空間フィルタを用いて近傍平均をとる。また、このベクトル平均を、対象解像度より低解像度のベクトル成分を用いて修正する。このとき、原画像を得た際の放射線の線量に応じてベクトル平均を修正する（ステップ 2 4）。

【 0 0 3 5 】

次に、平均され且つ修正された各ベクトルに基づいて、後述する方法にしたがって、それぞれノイズ抑制制度の一態様であるエッジ信頼性Cと画素エネルギーEを算出し（ステップ25）、このエッジ信頼性Cと画素エネルギーEを用いて、適応的フィルタリングによるノイズ抑制処理を施す（ステップS26）。そして最後に、逆多重解像度変換の一態様であるラプラシアンピラミッド再構成を行なってノイズが抑制された処理済画像を得る（ステップS27）。

【 0 0 3 6 】

ステップS26における適応的フィルタリングは、異方性フィルタ（方向依存フィルタ）と等方性フィルタ（方向に依存しないフィルタ）に分けて行なう。異方性フィルタは、例えば予め数10種類の異方性フィルタ係数を算出しておき、ベクトル方向Dおよびノイズ量に応じて1種類のフィルタ係数を選択するようにする。一方、等方性フィルタは、単純な非線形変換で実現することとする。

【 0 0 3 7 】

なお、等方性フィルタの作成に当たっては、マスクの中心におけるフィルタ係数を1とし、その他の係数を下記式（1）により算出することとする。そして、係数の総和が1となるように正規化する。

【数1】

$$F_{i,j} = \exp \left(-\pi \times f(x) \times (i^2 + j^2) / (N \times N \times 2) \right), \\ (-N \leq i \leq N, -N \leq j \leq N) \quad \dots(1)$$

【 0 0 3 8 】

一方、異方性フィルタの作成に当たっては、下記式（2）により算出することとする。そして、係数の総和が1となるように正規化する。

【数 2】

$$\left. \begin{aligned} X_{i,j} &= \left(\cos \left(\cos^{-1} \left(i / \sqrt{i^2 + j^2} \right) + \deg \right) \right)^2 \\ (-N \leq i \leq N, -N \leq j \leq N), \deg: &\text{ベクトル方向に沿った角度} \\ Y_{i,j} &= X^{f(x)} \times F_{i,j} \end{aligned} \right\} \quad \dots(2)$$

【0 0 3 9】

次に、各ステップにおいて行なう処理の詳細について説明する。

【0 0 4 0】

図 3 は帯域制限画像信号作成部 1 の概要を示すブロック図、図 4 は 5 段階の帯域制限画像信号作成処理を模式的に示す図である。

【0 0 4 1】

例えば上記特開平5-244508号などに示されているように、フィルタリング処理手段 1 0 においては、入力画像信号 S_{in} に対して原画像の主副の各走査方向に対してフィルタリング処理を施して入力画像信号 S_{in} よりも解像度が低い画像信号 L_1 (以下、低解像度画像信号という) を作成し、次にこの低解像度画像信号 L_1 に対して同様のフィルタリング処理を施してこの低解像度画像信号 L_1 よりもさらに解像度が低い低解像度画像信号 L_2 を作成し、以降順次同様のフィルタリング処理を繰り返して各解像度の低解像度画像信号 L_k ($k = 1 \sim n$) を得る。そして、補間処理手段 1 1 において、このフィルタリング処理の各段において得られる低解像度画像信号 L_k に対して、主副の各走査方向にそれぞれ 2 倍 (全体としては 4 倍) の画素数となるように補間処理を施して、鮮鋭度が異なる複数のボケ画像信号 $S_{us1} \sim S_{usn}$ (以下 S_{usk} ($k = 1 \sim n$) で代表させる) を得る。この後、減算器 1 2 により互いに対応する画素数を有する低解像度画像信号 L_{k-1} とボケ画像信号 S_{usk} および入力画像信号 S_{in} とボケ画像信号 S_{us1} との差分を求め、これを帯域制限画像信号 B_k とする。

【0 0 4 2】

次に、上述のようにして求められた帯域制限画像信号 B_k を用いてノイズ抑制

の程度を示す指標値（ノイズ抑制度）を求め、求めた指標値にしたがってノイズ抑制処理を施す過程について説明する。

【 0 0 4 3 】

図 5 は装置 1 0 0 の全体構成の詳細を示すブロック図である。図示するように、指標値取得部 2 は、各帯域制限画像信号 B_k により表される各帯域制限画像の各画素における画素ベクトル（本発明の評価値の一態様）を得る画素ベクトル取得手段 2 2 と、画素ベクトルの長さおよび／または方向に基づいて、エッジ信頼性、画素エネルギー、およびベクトル方向（それぞれ本発明の指標値の一態様）の少なくとも 1 つを、帯域制限画像信号 B_k により表される帯域制限画像の各画素ごとに得る指標値算出手段 2 4 とを各帯域制限画像信号 B_k ごとに有している。

【 0 0 4 4 】

ノイズ抑制処理部 3 は、指標値算出手段 2 4 から出力された指標値に基づいて帯域制限画像信号 B_k に含まれるノイズ成分を抑制する処理を施す抑制処理手段 3 2 を各帯域制限画像信号 B_k ごとに有している。

【 0 0 4 5 】

本実施形態のノイズ抑制処理は、「線信号は線方向に平滑化し、孤立ノイズは 2 次元的に平滑化する」という手法を用いるものである。この処理の最大の特徴は、線信号の平滑化による滑らかなエッジ（線）の描出であり、そのために必要な情報をベクトル形式もしくはテンソル形式のみで表現している点である。本実施形態では、処理に用いる情報として、テンソル形式のものではなく、Double-Angle 表現（以下 D-A 表現という）という概念のベクトル形式のものを用いる。

【 0 0 4 6 】

ベクトルの D-A 表現は、線信号を表現するための手法であり、アルゴリズムとしてのメリットは、この D-A 表現された情報の近傍平均をとるだけで線信号の信頼性（線らしさの指標）が算出できる点である。この点について、図 6 を参照して簡単に説明する。

【 0 0 4 7 】

図 6（A）に示すような画像信号の濃度ベクトルを算出し、通常のベクトル表

現（ここではFull-Angle表現；以下F-A表現という）すると同図（B）のようになり、中心の低濃度部領域を境にベクトルの向きが正対する。一方、D-A表現では算出したベクトル角度を2倍するため同図（C）のようになる。

【0048】

これらのベクトルの近傍平均によりエッジ信頼性Cを算出すると、（B）、（C）の右側の大矢印のようになり、（C）に対し（B）の信頼性はかなり小さくなる。特に図示していないが、ノイズ（近傍ベクトルが様々な方向を向く）も信頼性が小さくなることは容易に想像でき、F-A表現ではノイズと線情報の分離はより困難となる。

【0049】

これに対して、D-A表現を用いると、図7に示すように、線方向に対するベクトルを定義することとなる。 $q_0 \sim q_3$ は、注目画素における各方向成分の大きさを表している。ある画素において、直交する2方向成分の大きさが等しい場合（交点に相当する）、D-A表現では出力が弱くなり、2つの直交する成分の大きさが異なれば、大きい成分を持つ方向が主方向となる。

【0050】

したがって、各画素における4方向成分 $q_0 \sim q_3$ を算出すれば、ベクトルをD-A表現することができる。

【0051】

以下、各方向成分 $q_0 \sim q_3$ の具体的な算出方法について具体的に説明する。

【0052】

対象となっている帯域制限画像信号は、ラプラシアンピラミッド分解されたラプラシアン信号であり、図8に示す4種類の2次元空間フィルタとのコンボリューションにより4成分を算出する。フィルタ係数の例として 5×5 の q_0 フィルタのフィルタ係数を表4-1に示す。ラプラシアン信号とフィルタ係数はどちらも0を中心とした正負の値をとるので、方向成分としてはこれらのコンボリューション積の絶対値を用いる。

【表 1】

q o 用フィルタ係数 (5 × 5 の場合)

0.0012	0.0211	0.0577	0.0211	0.0012
0.0053	0.1389	0.6093	0.1389	0.0053
0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
-0.0053	-0.1389	-0.6093	-0.1389	-0.0053
-0.0012	-0.0211	-0.0577	-0.0211	-0.0012

【0 0 5 3】

この4種類のフィルタは何れも一種の微分フィルタなので、ラプラシアン信号のように2次微分された信号に対して施す場合、2次微分信号値が大きくてもその傾きが小さい場所ではフィルタ出力が大きくなる。この様子を図9で説明する。

【0 0 5 4】

図9は、ラプラシアン信号と1次微分フィルタ出力値（1次微分後の絶対値）との関係を示す図である。図示するように、ラプラシアン信号のA点はエッジ端の一部を表し、ラプラシアン信号は最大値となるが、A点での信号の傾きが0のため、1次微分フィルタによる出力値も0になる。

【0 0 5 5】

また、エッジと非エッジ境界点であるC点では、信号に傾きがあるためA点での1次微分フィルタ出力値より大きくなる。この傾向は、マスクサイズが大きいほど顕著となる。また、マスクサイズが大きくなると、微小エッジの追従性が悪くなり、微小エッジがボケることも明らかである。

【0 0 5 6】

したがって、パターン画像のように人工的に生成されたノイズがない画像信号であれば、小マスクサイズが適切である。しかし、実際の自然画像では、程度の差はあるものの画像全体にノイズが加わっているため、小マスクサイズでの1次微分は、ノイズの影響を強く受ける。

【 0 0 5 7 】

これらのことは、画素エネルギー ($q_0 \sim q_3$ の平均値) を用いた適応的フィルタを施す際、画質に悪影響を与える要因の 1 つとなる。

【 0 0 5 8 】

しかしながら、ノイズの量が推定できれば、ノイズの量に応じてマスクサイズを変更する、あるいはマスクサイズ変更と同等となるフィルタ係数を設定することで、最適化できる可能性がある。本実施形態のように放射線画像を処理対象画像として取り扱う場合、S 値 (読取感度) や L 値 (ラチチュード) から X 線量とノイズ量を推定し、最適なフィルタ係数を計算することができる。なお、S 値や L 値に関しては、例えば特開平 2 - 108175 号などを参照するとよい。

【 0 0 5 9 】

具体的には、各画素に対して算出したベクトル成分 ($q_0 \sim q_3$) を、各成分ごとに近傍平均する。近傍平均には、図 10 に示すような等方性の 2 次元空間フィルタを用いる。

【 0 0 6 0 】

ここで、2 次元フィルタのマスクサイズを変えると、当然ベクトル成分の平滑化レベルが変わる。この平滑化レベルは、エッジ信頼性や信号の画素エネルギーに反映され、最終画像に与える影響は比較的大きい。マスクサイズを大きくすると、ノイズと比較的大きなエッジ信号は精度良く分離可能となるが、小さなエッジ信号がノイズと見なされる虞れがある。したがって、例えば小児胸部などのように細かな情報がない画像では、大きなマスクサイズでの平滑化が有効である。一方、足画像などの骨画像では、骨梁のような細かな信号が縦横無尽に存在しているため、平滑化レベルを強くすると細かな信号がエッジと認識できないため、小さなマスクサイズを用いることとする。

【 0 0 6 1 】

また、このベクトル平均に関しては、本願出願人が特願 2000-022828 号において提案したように、対象画像の解像度よりも低解像度画像のベクトル成分を用いて修正する。ここで、本願発明者らの調査によれば、ベクトル平均時にたった今対象としている帯域制限画像信号 (注目帯域制限画像) から算出されたベクトル

のほかに、別の（より低解像度の）帯域制限画像信号から算出されたベクトルを利用する際、以下のようなことが分かった。

【0062】

1) ノイズが少ない画像（X線が多く照射された画像）は、 S/N が良いため、たった今注目している帯域制限画像信号だけのベクトル平均を用いた方が、細かな信号に対するベクトルの追従性が向上し、エッジ劣化を防止できる。

2) ノイズが多い画像は、 S/N が悪いため、注目している帯域制限画像信号より算出したベクトル（ S/N が悪い）と低周波帯域情報から算出したベクトル（ S/N が向上している）の平均をとることにより、ノイズに埋もれていない比較的大きな信号に対する追従性が増し、大きなノイズ除去効果が得られる。

つまり、画像中に含まれるノイズ量に応じてノイズ抑制の程度をコントロールすることが、画像品質を向上させる上で重要であるということである。

【0063】

次に、ノイズ抑制の程度をコントロールするに際して必要となるノイズ量を推測する方法について説明する。

【0064】

X線画像などの放射線画像の場合、ノイズは主に透過放射線量の減少によりもたらされるため、透過放射線量が分かれば、おおよそのノイズ量を推測できる。

【0065】

また、周波数帯域が異なるベクトルの平均方法は、注目帯域制限信号でのベクトル平均をA、低周波帯域制限信号のベクトル平均をBとすると、ベクトル平均Cは、次式（3）により計算できる。

【数3】

$$C = f(x) * A + (1 - f(x)) * B \quad \dots(3)$$

【0066】

ここで、 x はX線量を表し、 $f(x)$ はX線量に依存した関数を表し、隣り合う解像度レベルの帯域制限画像信号間のベクトル平均の加算比率に相当する。

【0067】

ノイズ量を推測する手法としては、1)撮影部位や撮影メニュー、2)規格化条件（EDR条件）としてのS値やL値、3)画像の信号値（濃度値）、4)患者年齢あるいは撮影条件など、X線量を示し得る各種情報を用いることができる。

【0068】

撮影部位や撮影メニューを用いる場合には、例えば低線量用メニューあるいは小児メニューを用意し、そのメニューに応じて、注目する帯域制限画像信号のベクトルと、より低周波の帯域制限画像信号のベクトルとの加算比率を変えることで対応できる。S値やL値を用いる場合には、S値が小さいほど（高X線量） $f(x)$ が大きくなるような関数、例えば次式（4）で示すような関数を用いるとよい。勿論これ以外の関数を用いることもできる。

【数4】

$$\left. \begin{aligned} f(x) &= 1.0 (S \text{ 値} < 100) \\ f(x) &= (2000 - S \text{ 値}) / 1900 (100 \leq S \text{ 値} \leq 2000) \\ f(x) &= 0.0 (S \text{ 値} > 2000) \end{aligned} \right\} \quad \dots(4)$$

【0069】

画像の信号値を用いる場合には、蓄積性蛍光体シート面上でのX線量と画像濃度とに相関があり、画像信号値は相対的にはX線量を表すから、加算比率の関数として、例えば次式（5）で示すような関数を用いるとよい。

【数5】

$$\left. \begin{aligned} x &= S \text{ 値} \times 10^{(-L \text{ 値} \times QL / 1024)} \text{、} QL: \text{信号値、} x: \text{相対X線量} \\ f(x) &= 1.0 (x < 100) \\ f(x) &= (2000 - x) / 1900 (100 \leq x \leq 2000) \\ f(x) &= 0.0 (x > 2000) \end{aligned} \right\} \quad \dots(5)$$

【0070】

なお、ここでは、 $0 \leq f(x) \leq 1.0$ としたが、例えば、 $0.5 \leq f(x) \leq 1.0$ の範囲としてもよい。

【 0 0 7 1 】

このように信号値を用いる場合は、ベクトル平均を算出するときに、画素位置の画像信号値を参照し、上記式（５）でX線量を推測し、予め定義された関数により求められる加算比率でベクトル平均を算出することになる。

【 0 0 7 2 】

次に、４つのベクトル成分（ $q_0 \sim q_3$ ）を用いて、主ベクトルと副ベクトルのそれぞれ方向と長さを算出する。図 7 に示すように、各ベクトル成分が D - A 表現となるように算出されているため、主ベクトル長 V_1 は、式（６）で算出でき、主ベクトルの単位ベクトル成分（ e_{x1} , e_{y1} ）は、それぞれ式（７）のように算出できる。

【数 6】

$$z_1 = q_0 - q_2, z_2 = q_1 - q_3, V_1 = \left(z_1^2 + z_2^2 \right)^{1/2} \quad \dots(6)$$

【数 7】

$$e_{x1} = z_1 / V_1, e_{y1} = z_2 / V_1 \quad \dots(7)$$

【 0 0 7 3 】

また、主ベクトルと直交する副ベクトルの単位ベクトル成分（ e_{x2} , e_{y2} ）は、D - A 表現では、主ベクトルと逆方向となるため、式（８）のようになる。

【数 8】

$$e_{x2} = -e_{x1}, e_{y2} = -e_{y1} \quad \dots(8)$$

【 0 0 7 4 】

また該当画素での画素エネルギー V_e は、各成分の平均として式（９）で定義できるため、副ベクトル長 V_2 は、画素エネルギー V_e と主ベクトル長 V_1 の割合から式（１０）のように算出できる。

【数 9】

$$V_e = (q_0 + q_1 + q_2 + q_3) / 4 \quad \dots(9)$$

【数 1 0】

$$V_2 = (1 - V_1 / V_e) \times V_1 \quad \dots(10)$$

【0 0 7 5】

次に、平均され且つノイズ量に応じて修正された互いに直交する 2 つのベクトル情報 V_1 、 V_2 を用いて、それぞれノイズ抑制制度の一態様であるエッジ信頼性 C と画素エネルギー E 、並びに異方性フィルタの平滑化方向 D を以下の式に基づいて決定する。すなわち、画素エネルギー E はある閾値 Th に対して式 (11) で算出し、エッジの信頼性 C は主ベクトル長 V_1 と副ベクトル長 V_2 とから式 (12) で算出する。

【数 1 1】

$$\left. \begin{aligned} E &= (V_e / Th)^2 / 2 && (V_e < Th) \\ E &= \left\{ 1 - (2 - V_e / Th)^2 \right\} / 2 && (Th \leq V_e < 2 \times Th) \\ E &= 1.0 && (2 \times Th \leq V_e) \end{aligned} \right\} \quad \dots(11)$$

【数 1 2】

$$C = (V_1 - V_2) / V_1 \quad \dots(12)$$

【0 0 7 6】

ただし、 $0.0 \leq E \leq 1.0$ 、 $0.0 \leq C \leq 1.0$ 、 $0 \leq D \leq 31$ (D は整数) である。

【0 0 7 7】

また、式 (13) に示すように、副ベクトルの単位ベクトル成分から角度 θ を算出し、算出した角度からさらに規格化された平滑化方向 D を算出する。なお、本実施形態では、全 32 方向とした。

【数 1 3】

$$\left. \begin{aligned} \theta &= \cos^{-1}(ex_2) \quad (ey_2 > 0) \\ \theta &= \cos^{-1}(-ex_2) \quad (ey_2 \leq 0) \\ D &= f(\theta) \quad (f(\theta) \text{ は連続的な角度を離散値に変換する関数}) \end{aligned} \right\} \dots(13)$$

【0 0 7 8】

エッジ信頼性Cは、エッジらしさを表す指標であり、該当画素位置が直線上であるほど大きな値をとる一方、画素エネルギーEが大きいほど信号であることを示す。エッジ信頼性Cと画素エネルギーEとの関係における、直線信号と交点・端点信号およびノイズの認識モデル（適応フィルタの一例）を図11に示す。

【0 0 7 9】

次に、互いに直交する2つのベクトル情報から算出された画素エネルギーE、エッジ信頼性C、および平滑化方向Dに基づいて、各帯域制限画像信号（ラプラシアン信号）の各画素に対して異方性フィルタを用いた平滑化処理と適応的フィルタリングを用いてノイズ抑制処理を施す。

【0 0 8 0】

ここで、エッジ信頼性Cが大きいほど直線であるため、本実施形態では、まず直線方向に沿うように異方性フィルタを用いた平滑化処理を施す。換言すれば、ラプラシアン信号に施す異方性の2次元空間フィルタ（方向依存性フィルタ）は、主ベクトル方向に平滑化を行なうものである。この異方性フィルタは、図12に示すような形状をなすように係数が設定されている。このような異方性フィルタを用いる意図は、ノイズが多い画像になると、エッジ信号上にもノイズが重畳するため、エッジコントラストを低減することなくエッジ上のノイズを除去するためである。

【0 0 8 1】

ここで、図12に示す各異方性フィルタは、黒ほどフィルタ係数が大きいことを示している。また、左側に示した（a）は上下方向に沿った平滑化を実施するためのフィルタであり、中心角 θ の角度が大きいほど平滑化能力が高いがエッジ

信号も平滑化する。さらに、上段に示したもののほどマスクサイズが大きいいため平滑化能力が高いがエッジ劣化が懸念される一方、下段は逆にマスクサイズが小さく平滑化能力が小さいがエッジ保存の効果がある。

【 0 0 8 2 】

このような2次元の異方性フィルタを用いることにより、ベクトル方向に沿った平滑化処理、すなわちエッジを保存しながらエッジ上のノイズを抑制もしくは除去することが可能となるが、本願発明者らの調査によれば、画像上のノイズ量の大小に応じてフィルタが影響を及ぼす範囲（マスクサイズ）と方向性（中心角）の最適値が以下に示すように異なるということが分かった。つまり、画像中に含まれるノイズ量に応じて異方性フィルタを切り替えることが、エッジを保存しながらエッジ上のノイズを抑制もしくは除去する上で重要であるということである。

1) ノイズが少ない画像（X線が多く照射された画像）は、細かな信号に対するベクトルの追従性を向上するため、影響範囲が小さく且つ中心角が小さなフィルタ特性とするのがよい。

2) ノイズが多い画像に対し、上記1)と同じ条件で処理すると、ベクトル方向を向いたノイズとなりアーチファクトとなるため、より平滑化能力が高いフィルタ特性が必要である。

【 0 0 8 3 】

次に、異方性フィルタを切り替える際して必要となるノイズ量を推測する方法について説明する。

【 0 0 8 4 】

上述のようにX線画像などの放射線画像の場合、ノイズは主に透過放射線量の減少によりもたらされるため、透過放射線量 $f(x)$ が分かれば、およそそのノイズ量を推測できる。

【 0 0 8 5 】

ここで、透過放射線量 $f(x)$ を推測する手法としては、1)撮影部位や撮影メニュー、2)規格化条件（EDR条件）としてのS値やL値、3)画像の信号値（濃度値）、4)エッジ信頼性、5)患者年齢あるいは撮影条件など、X線量を示し得る

各種情報を用いることができる。

【 0 0 8 6 】

撮影部位や撮影メニューを用いる場合には、例えば低線量用メニューあるいは小児メニューを用意し、そのメニューに応じて、予め $f(x)$ を設定しておくといよい。

【 0 0 8 7 】

S 値や L 値を用いる場合には、S 値が小さいほど（高 X 線量） $f(x)$ が大きくなるような関数、例えば次式（14）で示すような関数を用いるといよい。勿論これ以外の関数を用いることもできる。

【数 1 4】

$$f(x) = 10 - 3 \times \log(S \text{ 値}) \quad \text{但し、} f(x) < 1 \text{ の時は } f(x) = 1 \text{ とする} \quad \dots(14)$$

【 0 0 8 8 】

画像の信号値を用いる場合には、蓄積性蛍光体シート面上での X 線量と画像濃度とに相関があり、画像信号値は相対的には X 線量を表すから、透過放射線量 $f(x)$ として、下記式（15）に示すような関数を用いるのがよい。

【数 1 5】

$$\left. \begin{array}{l} x = S \text{ 値} \times 10^{(-L \text{ 値} \times QL / 1024)} \text{、} QL: \text{信号値、} x: \text{相対 X 線量} \\ f(x) = 10 - 3 \times \log(x) \text{ 但し、} f(x) < 1 \text{ の時は } f(x) = 1 \text{ とする} \end{array} \right\} \quad \dots(15)$$

【 0 0 8 9 】

これらの式を用いてフィルタ処理を施す際には、該当画素位置における画像信号を参照して透過放射線量 $f(x)$ を算出し、 $f(x)$ に依存してフィルタ特性を切り替える。これにより、例えば、信号値が小さい場合（低 X 線量領域）、平滑フィルタの中心角は大きくかつ影響範囲も大きくなり、より平滑重視になる。一方、信号値が大きい（高 X 線量）領域は、中心角も影響範囲も狭くなり、エッジのボケを抑制できる。

【 0 0 9 0 】

エッジ信頼性は、前記したようにベクトル平均後に求められる指標であり、こ

の値が大きいほど非ノイズ信号であることになる。ノイズが多い画像になるとエッジ信頼性が低下するため、この信頼性もノイズ量を推測する指標として考えることができる。ここで、エッジ信頼性が高いほど平滑化フィルタの影響範囲と中心角を狭くし、逆にエッジ信頼性が低いほど広くすることで、ノイズ除去と先鋭化が両立できる。

【 0 0 9 1 】

なお、異方性フィルタは、エッジに対してはエッジ保存となるが、エッジ交点では平滑化方向に働く。しかし、実際の画像上に見られる交点は、理想的な交点（線がシャープで線が互いに直交している交点）とは異なり、それ程平滑化されない。

【 0 0 9 2 】

次に、ベクトルから算出した平滑化方向 $D(\theta)$ とノイズ量とに応じて方向依存性フィルタとしての異方性フィルタを選択し、選択されたフィルタでコンボリューション（畳込み積分）を行なって変換画像信号としてのコンボリューション積を得る。このコンボリューション積（異方性フィルタ信号）が後述する式（16）や式（17）に記載されている A である。

【 0 0 9 3 】

ノイズ抑制処理部 3 においては、ノイズ成分を抑制するための適応的フィルタリング処理として、上述のように異方性フィルタとラプラシアン信号のコンボリューション積 A を求め、このコンボリューション積 A とラプラシアン信号との加算比率を画素エネルギー E およびエッジ信頼性 C に基づいて制御することで、各帯域制限画像信号（ラプラシアン信号）の各画素に対応する処理済帯域制限画像信号 $f B_k$ ($k = 1 \sim n$)（式では $Proc$ で代表させる）を算出する。処理済帯域制限画像信号 $Proc$ はノイズ成分が抑制された信号となる。この処理済帯域制限画像信号 $Proc$ の算出時の定義には、下記 1, 2 がある。

【 0 0 9 4 】

定義 1 : 図 1 1 (b) を直線と定義する場合

図 1 1 (b) を直線と定義する場合であり、ノイズ成分が抑制された処理済帯域制限画像信号 $Proc$ は次式（16）で計算される。

【数 16】

$$\text{Proc} = C \times A + E \times (1 - C) \times 0rg \quad \dots(16)$$

【0095】

エッジ信頼性Cが高いときは、エッジなので異方性フィルタ出力を選択し（第1項）、信頼性が低いときはさらに画素エネルギーEによってオリジナルのラプラシアン信号を減衰し、ノイズと交点を分離する（第2項）。

【0096】

定義2：図11（b）をノイズと定義する場合

図11（b）をノイズと定義する場合であり、ノイズ成分が抑制された処理済帯域制限画像信号Procは次式（17）で計算される。

【数 17】

$$\text{Proc} = E \times C \times A + E \times (1 - C) \times 0rg \quad \dots(17)$$

【0097】

エッジ信頼性Cが高い場合は、画素エネルギーEに依存して異方性フィルタ出力を減衰し、ノイズとエッジを分離する（第1項）。エッジ信頼性Cが低い時も画素エネルギーEによってオリジナルのラプラシアン信号を減衰し、ノイズと交点を分離する（第2項）。

【0098】

ここで、定義1の場合、S/Nが良い画像ではノイズ除去効果があるものの、S/Nが悪い画像になると効果がほとんどない。この結果から、S/Nが悪くなるとノイズでも線の信頼性が高くなるということが考察できる。

【0099】

また、定義2の場合は、S/Nが悪い画像ほど、不連続感（突然ノイズやエッジが見える現象：局所的な不連続感）を生じアーチファクトとなる。このアーチファクトを消すためには、画素エネルギー算出時の閾値を高くする必要があるが、閾値が高くなると当然エッジもボケることになる。これは、S/Nが悪い画像の場合は、エッジの画素エネルギーとノイズの画素エネルギーが拮抗しているためであ

り、画素エネルギーを利用している限り必ず生じる問題である。

【0100】

なお、エッジ信頼性 C は非直線信号（交点や端点および点信号など）でも小さな値を有するため、これらの非直線信号とノイズと分離するために、画素エネルギー E を用いて、画素エネルギー E がある値以上であれば信号、以下であればノイズというような判断を行なうこともできる。実際には、任意の非線形関数により連続的にノイズらしさを決定する。例えば、ノイズらしさ N は、閾値 TH 、画素エネルギーに基づいて、次式（18）で示すような非線形関数で決定することもできる。

【数18】

$$N = \frac{\exp(TH/E) - 1}{\exp(TH/E) + 1} \times 2 \times E/TH \quad \dots(18)$$

【0101】

この場合、エッジ信頼性 C とノイズらしさ N から、上記式（16）に対応して次式（19）を用いたり、あるいは上記式（17）に対応して次式（20）を用いるとよい。

【数19】

$$Proc = C \times A + N \times (1 - C) \times Org \quad \dots(19)$$

【数20】

$$Proc = E \times C \times A + N \times (1 - C) \times Org \quad \dots(20)$$

【0102】

上記式（18）における閾値 TH は、線量相当量に基づいて決まる値であり、線量相当量として画素値を利用するときには画素位置ごとに値が変化する。また、式（18）で定義される関数は、エネルギーが大きくなるにつれて1.0に漸近する関数である。例えば、式（19）は、エネルギー E が閾値 TH に対して十分大きいときには $N = 1$ となり処理済帯域制限画像信号 $Proc$ が残るが、エネルギー E が閾値 TH に対して十分小さいときには $N = 0$ となるから処理済帯域制限画像信

号 $P_{proc} = 0$ となる。

【0103】

このようにして、ノイズ抑制処理を各帯域制限画像信号に対して施して処理済帯域制限画像信号 P_{proc} を得た後、画像再構成部 4 において、逆多重解像度変換としてのラプラシアン再構成を行ない、ノイズ成分が抑制された画像を表す処理済画像信号 S_{proc} を得る。

【0104】

画像再構成部 4 には、図 5 に示すように、ノイズ抑制処理が施された帯域制限画像信号に対して補間処理を施す補間処理手段 43 と、帯域制限画像信号と補間処理が施された拡大画像信号とを加算する加算器 44 とが、解像度レベルの段数に応じて設けられている。

【0105】

図 13 はラプラシアン再構成を行なう処理を模式的に示す図である。ノイズ成分が抑制された処理済帯域制限画像信号 $f B_k$ ($k = 1 \sim n$) が得られたら、処理済帯域制限画像信号 $f B_k$ のうち、最低解像度の信号 $f B_n$ が 1 段階高解像度の処理済帯域制限画像信号 $f B_{k-1}$ と同一画素数となるように、補間処理手段 43 において上記補間処理手段 11 と同様の補間処理がなされて拡大画像信号 S_n' が得られる。この後、処理済帯域制限画像信号 $f B_{k-1}$ と拡大画像信号 S_n' とが加算器 44 において加算されて、加算画像信号 S_{n-1} が得られる。このような処理をより高解像度となる方向に繰り返し行なって、最高解像度の加算画像信号 S_1 を得る。この最高解像度の加算画像信号 S_1 は、ノイズ成分が抑制された処理済画像信号 S_{proc} となる。

【0106】

したがって、この処理済画像信号 S_{proc} に基づいて画像出力すれば、画質的には、適応的フィルタなどのパラメータ調整をすることで、「低線量画像を、通常線量画像の高周波成分を少し暈かしたような画像」として得ることができる。つまり、放射線画像を得た際の X 線量に依存して、注目する帯域制限画像信号の平均ベクトルと、より低周波の帯域制限画像信号の平均ベクトルとの加算比率を制御しているので、高 X 線量領域では微細エッジ重視のノイズ抑制処理がなされる

一方、低X線領域では大きなエッジを重視したノイズ抑制処理がなされるから、総合的には、ノイズを効果的に抑制あるいは除去するとともに、ノイズが多い画像に対してノイズ抑制を行なった際に生じ得るエッジの劣化を軽減し、撮影線量による画質のばらつきを抑制することができる。換言すれば、撮影線量にバラ付きがあるなどに起因して画像に含まれるノイズ成分量が異なる場合においても、常にノイズ抑制効果が大きく、唐草模様状のアーチファクト（不自然さ）を低減させ、より自然な画像を得ることができ、また微細信号の劣化が少ない、高画質な画像を得ることができる。

【0107】

以上本発明のノイズ抑制処理装置の好ましい実施形態について説明したが、本発明は必ずしも上述した実施形態に限定されるものではない。

【0108】

例えば、上記実施形態は、ラプラシアンピラミッドの手法により入力画像信号 S_{in} からそれぞれ異なる周波数帯域を有する帯域制限画像信号を得ているが、例えば特開平6-274615号に示すように、ウェーブレット変換により帯域制限画像信号を得るようにしてもよい。

【0109】

また、ノイズ成分が抑制された各帯域制限画像信号を逆多重解像度変換することによりノイズ成分が抑制された画像を得るようにしていたが、例えば本願出願人が特願平 11-363766号に提案しているように、多重解像度信号を用いてノイズ成分 $SH1$ を分離した後、ノイズ分離手段 45 により入力画像信号 S_{in} からノイズ成分 $SH1$ を差し引くことによってノイズ成分が抑制された画像を得るという構成とすることもできる。図14は、このような形態の装置100の詳細を示すブロック図である。

【0110】

また、上記実施形態は、注目画素近傍の値から局所的に算出される情報（以下局所情報という）としてベクトル情報を用い、このベクトル情報に基づいてノイズ抑制度を示す指標値を求めたりフィルタ処理を施すようにしていたが、局所情報は、これに限らず、例えば移動平均値を用いることもできる。移動平均値を用

いる場合、一の帯域制限画像信号に対する第1の移動平均値算出時に、撮影メニューやX線撮影条件およびX線相当量などの放射線の線量を示す情報に応じて、より周波数帯域の低い帯域制限画像信号における該当画素における第2の移動平均値を加味するようにしてもよい。

【0111】

さらに、平滑化処理として、等方的な（普通の2次元）空間フィルタのフィルタ係数を切り替えたり、マスクサイズを切り替えたりしてもよい。

【0112】

さらにまた、例えば上記特開平6-96200号に記載の方法を利用して、詳細画像の局所2乗和とX線量に相当する情報とに基づいて、上記フィルタ特性の切替えを行なうこともできる。ただし、エッジ方向平滑化に比べてエッジ部が劣化しやすくなるため、やはりエッジ方向平滑化の方が好ましい。

【0113】

また、上記実施形態は、それぞれが異なる周波数帯域を有する画像を担持する帯域制限画像信号を作成した後、各帯域制限画像信号それぞれに対して平滑化フィルタを用いた平滑化処理を施すに際して、線量情報に基づいて入力画像信号のノイズ特性を算出し、この算出したノイズ特性に基づいて平滑化フィルタの特性を切り替えるようにしていたが、入力された画像信号そのものに対して平滑化フィルタを用いた平滑化処理を施す場合にも上述同様の手法を適用することができる。また、この場合においても、線量情報に加えて、例えばベクトル情報などの局所情報を用いてノイズ特性を求める手法を同様に適用することもできる。

【0114】

また、上述したノイズ抑制方法をコンピュータにより実行するものとし、該ノイズ抑制方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録して提供してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のノイズ抑制処理装置の一実施形態の構成を示す概略ブロック図

【図2】

本発明のノイズ抑制処理装置における処理手順を示すフローチャート

【図 3】

帯域制限画像信号作成部の概要を示すブロック図

【図 4】

帯域制限画像信号作成処理を模式的に示す図

【図 5】

ノイズ抑制処理装置の全体構成の詳細を示すブロック図

【図 6】

Double-Angle表現を説明する概念図

【図 7】

Double-Angle表現の定義を説明する図

【図 8】

4 種類の 2 次元空間フィルタの例を示す図

【図 9】

ラプラシアン信号と 1 次微分フィルタ出力値（1 次微分後の絶対値）との関係を示す図

【図 1 0】

等方性の 2 次元空間フィルタの例を示す図

【図 1 1】

エッジ信頼性と画素エネルギーとの関係における、直線信号と交点・端点信号およびノイズの認識モデルを示す図

【図 1 2】

異方性フィルタの一例を示す図

【図 1 3】

ラプラシアン再構成を行なう処理を模式的に示す図

【図 1 4】

本発明のノイズ抑制処理装置の他の実施形態の構成を示す詳細ブロック図

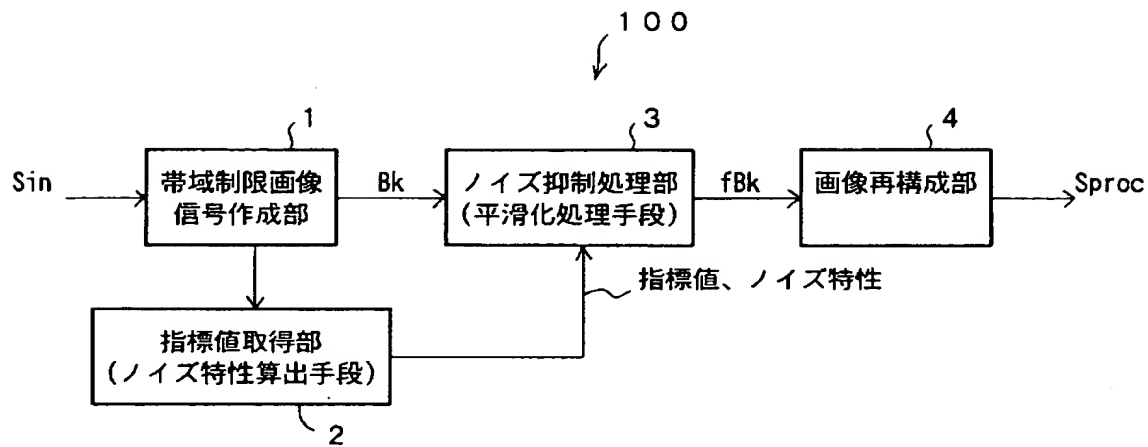
【符号の説明】

1 0 0 ノイズ抑制処理装置

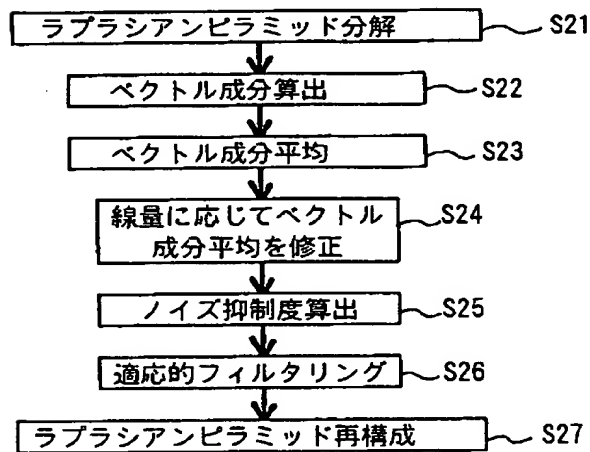
- 1 帯域制限画像信号作成部
- 2 指標値取得部（ノイズ特性算出手段）
- 3 ノイズ抑制処理部（平滑化处理手段）
- 4 画像再構成部

【書類名】 図面

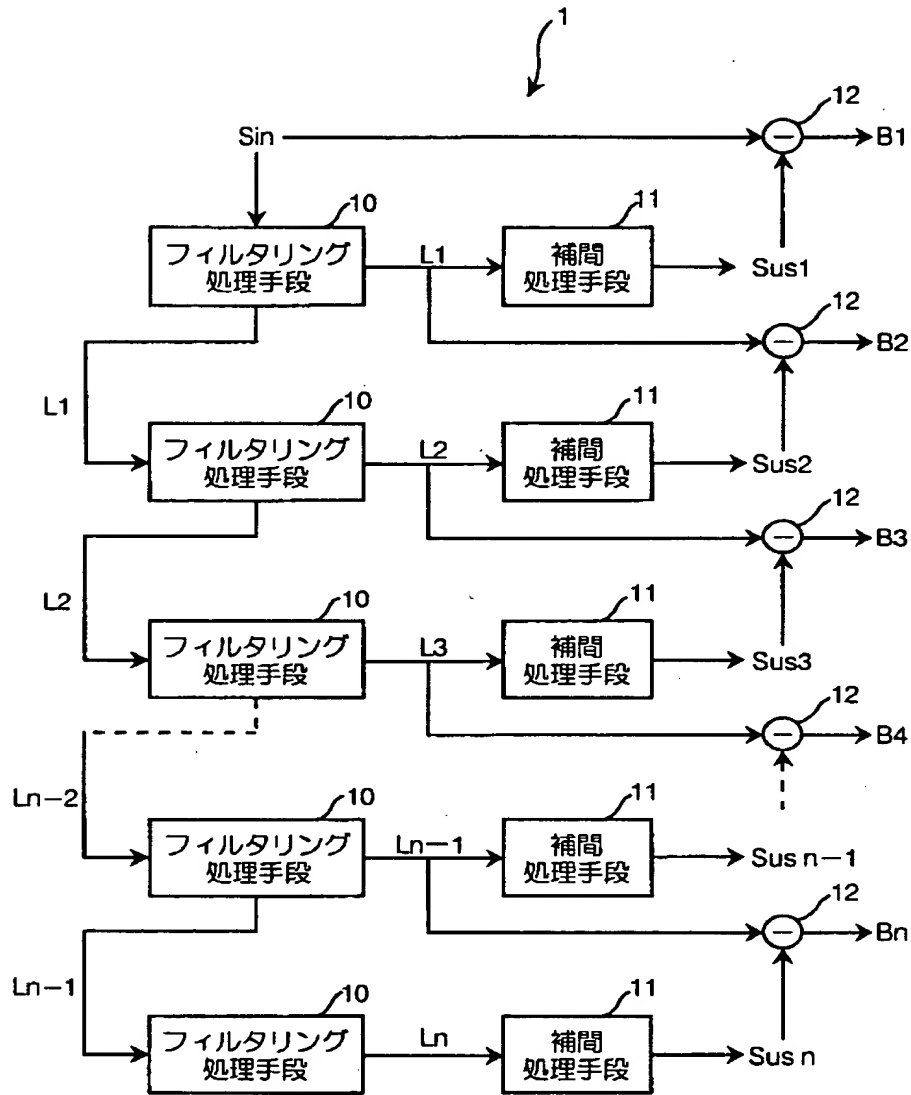
【図 1】



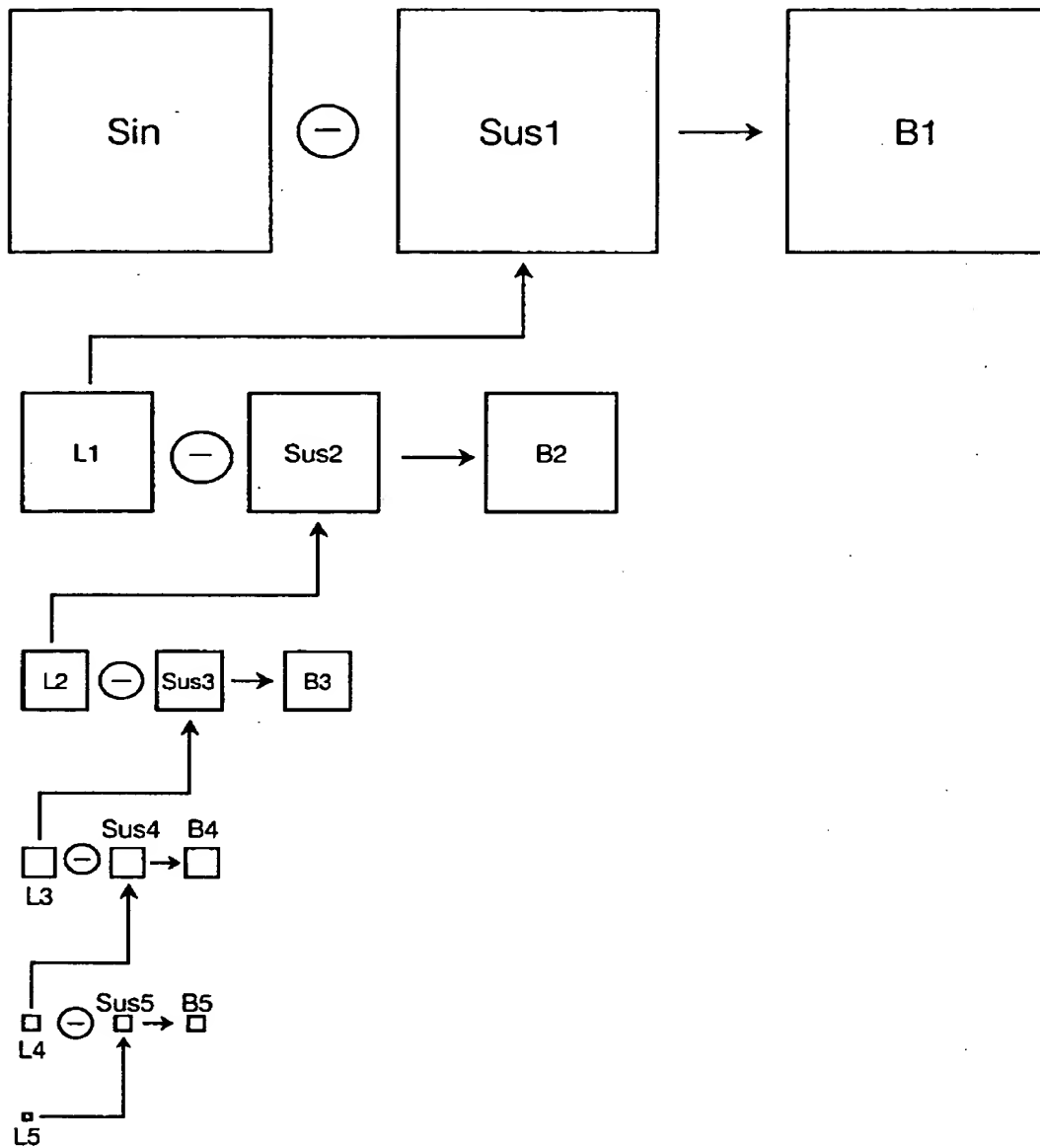
【図 2】



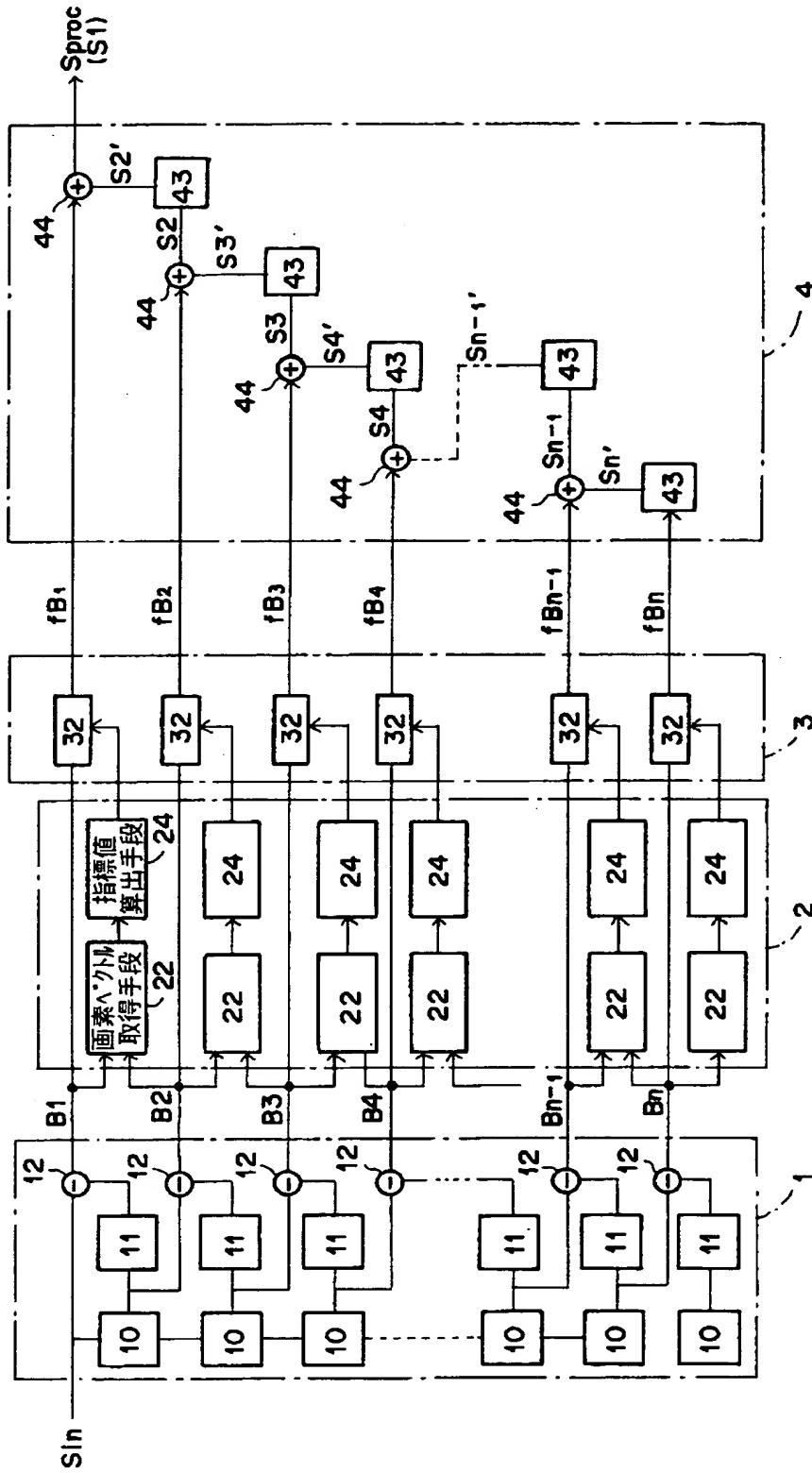
【図 3】



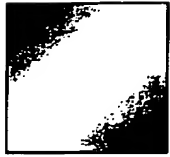
【図 4】



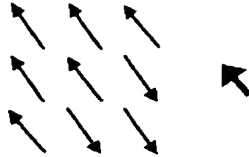
【図 5】



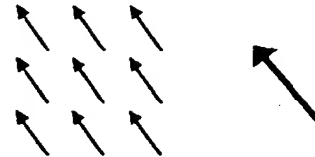
【図 6】



(a)画像信号

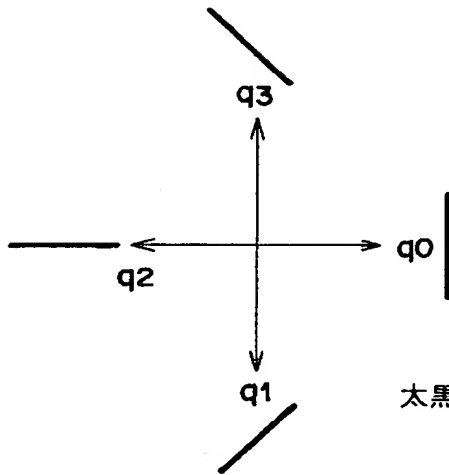


(b)ベクトル情報(Full-Angle)。右の矢印は線の信頼度



(c)ベクトル情報(Double-Angle)。右の矢印は線の信頼度

【図 7】



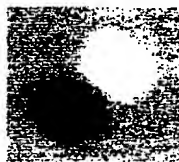
太黒線は、線の方角を表す。

Double-Angleの定義

【図 8】



q_0 用フィルタ



q_1 用フィルタ

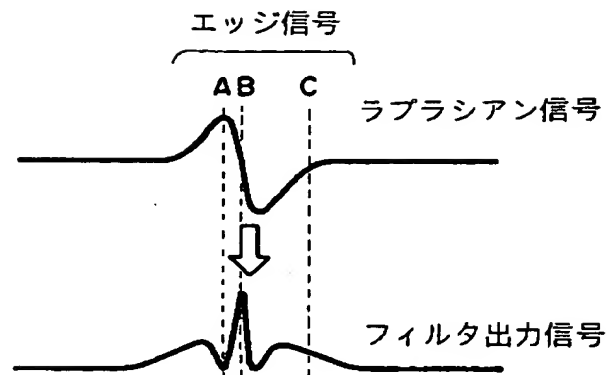


q_2 用フィルタ



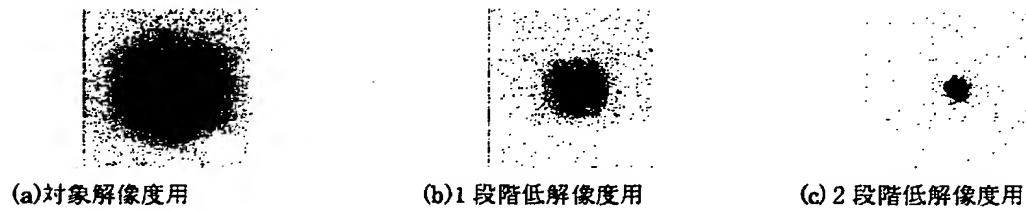
q_3 用フィルタ

【図 9】

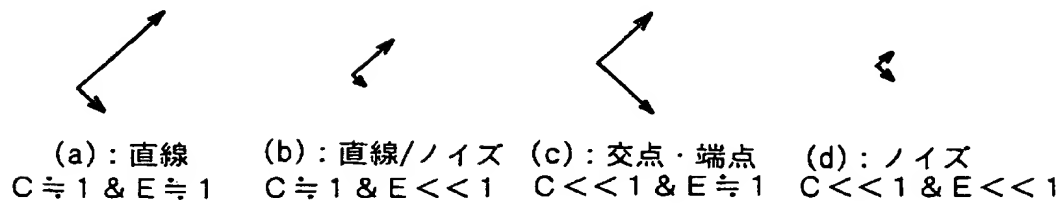


ラプラシアン信号と1次微分フィルタ出力（1次微分後の絶対値）値との関係

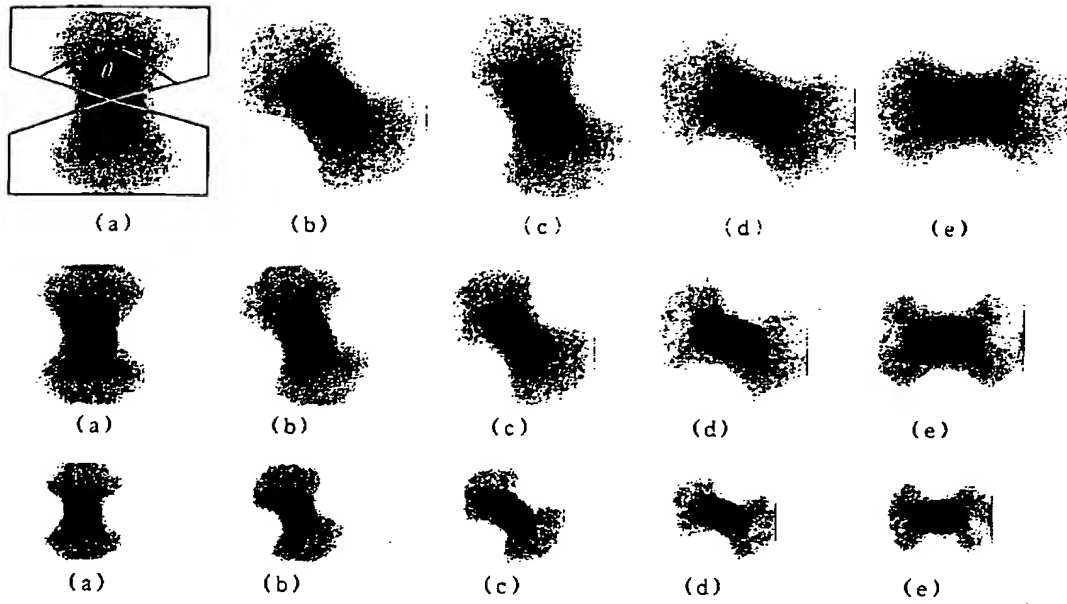
【図 10】



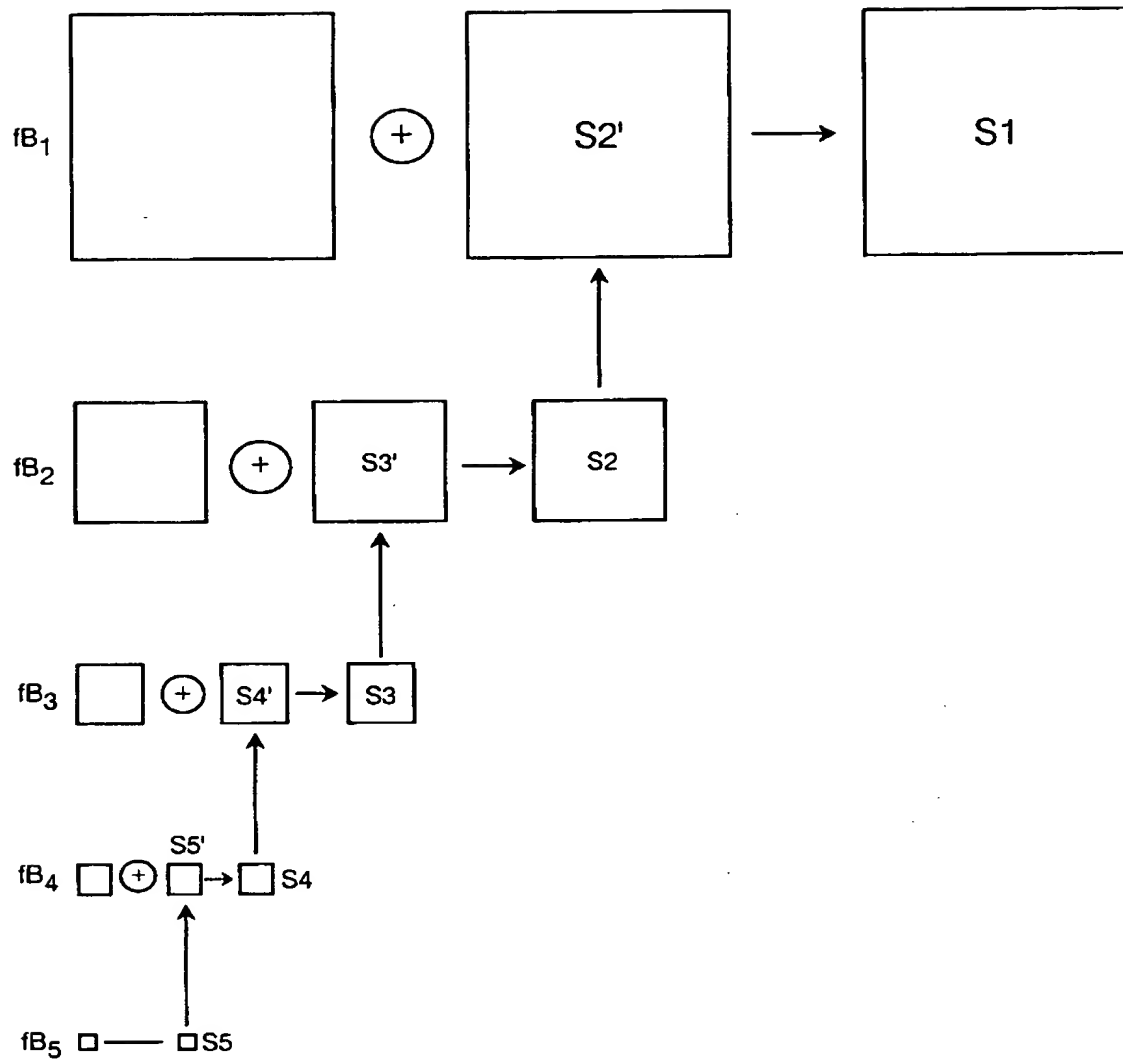
【図 11】



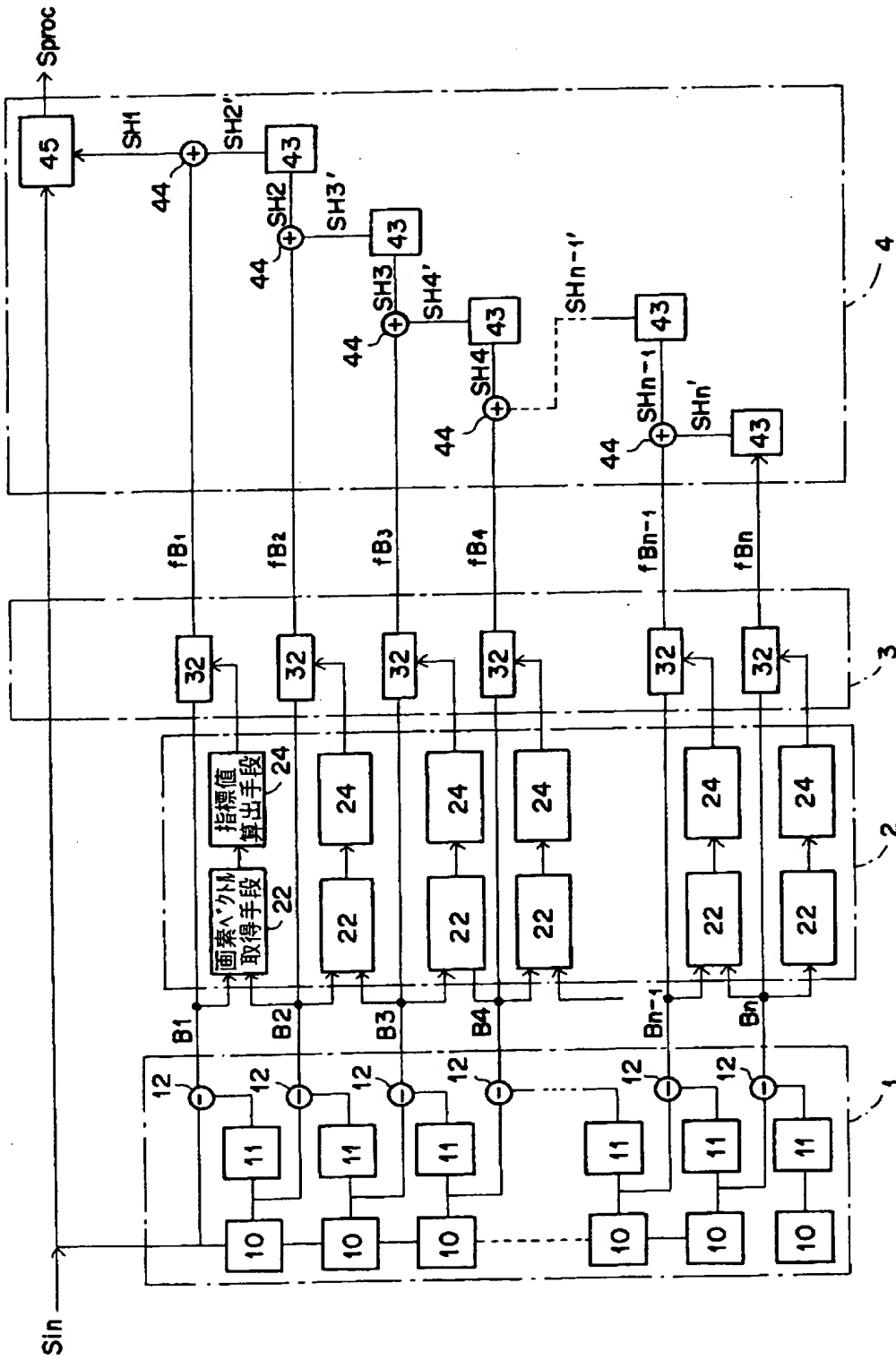
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 放射線画像に含まれるノイズ成分を抑制するノイズ抑制処理装置において、線量に拘わらずノイズを効果的に抑制することができるようにする。

【解決手段】 それぞれが異なる周波数帯域を有する画像を担持する帯域制限画像信号 B_k を作成する帯域制限画像信号作成部 1、帯域制限画像の注目画素における画素ベクトルを求めこの画素ベクトルを用いてノイズ特性としてのエッジ方向を検出するように構成された指標値取得部 2、検出されたエッジ方向に沿って平滑化処理を施すように平滑化フィルタの特性を切り替え該平滑化フィルタを用いて帯域制限画像信号 B_k のそれぞれについて平滑化処理を施すように構成されたノイズ抑制処理部 3、およびノイズ成分が抑制された帯域制限画像信号 $f B_k$ に基づいてノイズが抑制された画像を担持する処理済画像信号 S_{proc} を再構成する画像再構成部 4 を備えたノイズ抑制処理装置 100 とする。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-324904
受付番号	50001376442
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成12年10月26日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年10月25日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 210 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-20 B ENEX S-1 7 階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-20 B ENEX S-1 7 階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地
氏 名 富士写真フイルム株式会社